

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



# Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività  
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi  
Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

Invenzione Industriale

UD2003 A 000226



Si dichiara che l'unità copia conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

52 MAR 2004

Roma, il .....

IL DIRIGENTE

Sig.ra E. MARINELLI

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Alvise SARTORI et al.

Serial No.: To be assigned

Filed: March 19, 2004

For: PHOTO-SENSITIVE ELEMENT FOR ELECTRO-OPTICAL SENSORS

**CLAIM FOR PRIORITY**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

Italian Appln. No. UD 2003 A 000226, Filed November 17, 2003.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application and an English Translation are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 USC 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

Date: March 19, 2004

By:

  
Anthony P. Venturino

Registration No. 31,674

APV/pgw  
ATTORNEY DOCKET NO. APV31683

STEVENS, DAVIS, MILLER & MOSHER, L.L.P.  
1615 L Street, N.W., Suite 850  
Washington, D.C. 20036  
Tel: 202-408-5100 / Fax. 202-408-5200

## AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



## A. RICHIENDENTE (I)

1) Denominazione NEURICAM S.p.A.Residenza TRENTOcodice 0160677022B

RAE SP

2) Denominazione Residenza codice 

## B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIENDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome LIGI STEFANOcod. fiscale denominazione studio di appartenenza IGLP Srlvia P.le Cavedalisn. 6/2città UDINEcap 33100(prov) UD

## C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via n. città cap (prov) 

## D. TITOLO

classe proposta (saz/ci/sci) IG06T gruppo/sottogruppo 001 0040

## ELEMENTO FOTOSENSIBILE PER SENSORI ELETTRONICO-OTTICI

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI  NO SE ISTANZA: DATA 13/11/03N° PROTOCOLLO 

## E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) SARTORI Alvise

3)

2) VATTERONI Monica

4)

## F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

## SCIOLGIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) 2) G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione 

## H. ANNOTAZIONI SPECIALI



## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1)  PROV: n. pag. 25 rassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)

Doc. 2)  PROV: n. tav. 101 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)

Doc. 3)  RIS: lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale  autocertificazione

Doc. 4)  RIS: designazione inventore

Doc. 5)  RIS: documenti di priorità con traduzione in italiano

Doc. 6)  RIS: autorizzazione o atto di cessione

Doc. 7)  nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale 1100 Euro DUECENTONOVANTUNO/80=(tasse pagate per tre anni)

obbligatorio

COMPILATO IL 14/11/2003 FIRMA DEL (I) RICHIENDENTE (I) LIGI STEFANO

(glp P2-5318)

CONTINUA SINO NODEL PRESENTE ATTO SI RICHIENDE COPIA AUTENTICA SINO LSU

UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. DI

CAMERA DI COMMERCIO DI UDINE

codice 30

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA

UD2003A000226

Reg. A

L'anno millenovante DUEMILATREil giorno DICIASSETTEdel mese di NOVEMBREIl (I) richiedente (I) soprindetto (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto soprisortato.

## I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

NESSUNA

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE



L'UFFICIALE ROGANTE

Per Anton. V. Lig. L. Lig.

## RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

PROSPETTO A

NUMERO DOMANDA

UD<sup>2003</sup> A 000 226

REG. A

DATA DI DEPOSITO

17 NOV 2003

DATA DI RILASCIO

17 NOV 2003

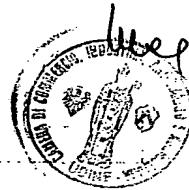
## A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione | NEURICAM S.p.A.

Residenza | TRENTO

## D. TITOLO

ELEMENTO FOTORESENSIBILE PER SENSORI ELETRO-OTTICI



(glp P2-5318)

Classe proposta (sez./cl./scl.) | G06T

(gruppo/sottogruppo) | 001 | 0040

## L. RIASSUNTO

Elemento fotosensibile (10) per sensori eletro-ottici, comprendente un organo di ricezione fotosensibile (11), un circuito di conversione della corrente generata dall'organo di ricezione fotosensibile (11) in un segnale di tensione, ed un circuito di amplificazione e lettura. Il circuito di conversione della corrente comprende un transistor (21) a canale P utilizzato come tasto ideale e pilotato con una tensione variabile tra una tensione di alimentazione alta ed una tensione di alimentazione bassa. L'elemento fotosensibile viene portato in uno stato di reset se la tensione di pilotaggio del transistor (21) è bassa, ed in uno stato di integrazione se la tensione di pilotaggio è alta.



## M. DISEGNO

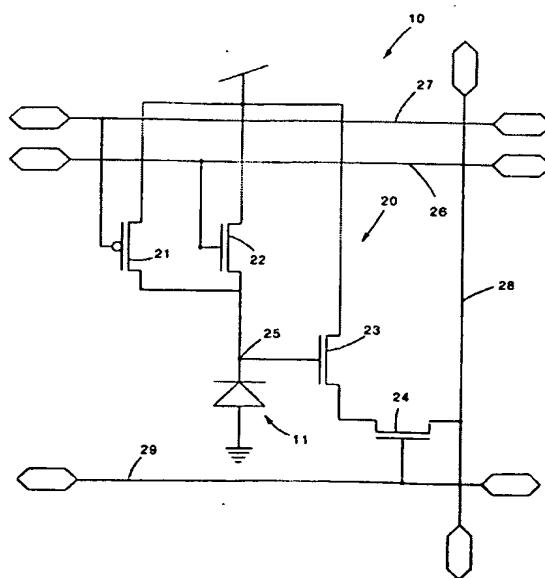


fig. 1

Classe Internazionale: G06T 01/40

Descrizione del trovato avente per titolo:

"ELEMENTO FOTOSENSIBILE PER SENSORI ELETTRICO-OTTICI"

a nome NEURICAM S.p.A. di nazionalità italiana, con

5 sede in Via S. Maria Maddalena, 12 - 38100 TRENTO.

dep. il 17 NOV. 2003 al n. UD<sup>2003</sup>

\* \* \* \* \*

A 00 0226

#### CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un elemento  
10 fotosensibile utilizzato in sensori elettro-ottici,  
idoneo a rilevare una luce incidente ed a  
convertirla in un correlato segnale elettrico.

L'elemento fotosensibile secondo il presente  
trovato viene utilizzato per realizzare sensori  
15 elettro-ottici di tipo lineare o matriciale  
bidimensionale impiegabili in diversi dispositivi  
elettronici per visione artificiale, quali ad  
esempio telecamere digitali, sensori ottici  
intelligenti, od altri.

20 L'elemento fotosensibile secondo il trovato  
garantisce una qualità delle immagini molto  
soddisfacente sia in condizioni di bassa luminosità  
che in presenza di illuminazione non controllata,  
quindi caratterizzata da intensità variabile in un  
25 ampio intervallo, ad esempio per realizzare sensori

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.p.A.

P.le Cavedalis, 6/2 33100 UDINE

17 NOV 2003

elettro-ottici utilizzati nel campo automobilistico, nel controllo della sicurezza, nel controllo stradale e nel controllo del traffico.

STATO DELLA TECNICA

5 Sono noti i sensori ottici, costituiti da una pluralità di elementi fotosensibili, o pixel, atti a rilevare segnali luminosi ed a trasmetterli, sotto forma di segnali elettrici, ad un'unità di calcolo che li elabora ricavandone immagini che trasmette a 10 dispositivi di visualizzazione, questi ultimi essendo atti a permettere ad un utilizzatore di visionare tali immagini o informazioni da queste derivate.

Tali sensori ottici sono stati in precedenza 15 realizzati con tecnologia CCD (Charge-Coupled Device) che garantisce una qualità delle immagini molto soddisfacente in presenza di illuminazione ben controllata, ma che non sono in grado di operare in modo ottimale in presenza di luce di intensità 20 fortemente differenziata all'interno della stessa scena, cioè con un segnale di ingresso avente un'elevata dinamica, fino a 150 dB.

I CCD sono inoltre poco versatili sotto diversi aspetti: non possono essere facilmente integrati 25 insieme a circuiti di pilotaggio complessi in un

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 33100 UDINE

unico supporto di silicio (detto microchip) e non è possibile selezionare arbitrariamente una sottofinestra all'interno del sensore matriciale.

Per ovviare ad alcuni di questi inconvenienti dei  
5 CCD, sono stati sviluppati dei sensori ottici basati sulla tecnologia al silicio di tipo CMOS (si veda: Seger, Graf, Landgraf - 'Vision Assistance in Scene with extreme Contrast' - IEEE Micro, vol. 13 pag. 50, febbraio 1993), che offrono una buona risposta in  
10 condizioni di illuminazione molto diversificate all'interno della stessa scena. Questa risposta è ottenuta attraverso una conversione su scala logaritmica del segnale all'interno dell'elemento fotosensibile o pixel.

15 Tale conversione logaritmica, ottenuta ad esempio collegando alla giunzione fotosensibile un transistore di tipo MOS in configurazione a diodo, come descritto nell'US-A-5,608,204, soffre tuttavia del fondamentale svantaggio di fornire una bassa  
20 definizione dell'immagine in caso di bassa illuminazione. Immagini ad alta risoluzione si ottengono tramite una lettura lineare dell'elemento fotosensibile; questa tecnica ha però lo svantaggio di non dare la possibilità di ottenere immagini di  
25 buona qualità in condizioni di illuminazione molto

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

17 NOV 2003

- 4 -

glp P2-5318

diversificate all'interno della stessa scena.

La Richiedente, per risolvere tali inconvenienti della tecnica nota ed ottenere ulteriori vantaggi ha progettato e realizzato il presente trovato.

5 ESPOSIZIONE DEL TROVATO

Il presente trovato è espresso e caratterizzato essenzialmente nella rivendicazione principale. Altre caratteristiche innovative del trovato sono espresse nelle rivendicazioni secondarie.

10 Scopo del trovato è quello di realizzare un elemento fotosensibile per sensori elettro-ottici che possa essere integrato in un elemento di supporto, o substrato, di silicio di dimensioni ridotte, realizzando un microchip, che sia idoneo 15 a fornire immagini di buona qualità a frequenza di ripetizione elevata sia in caso di bassa luminosità che in presenza di un segnale di ingresso caratterizzato da una elevata dinamica.

In particolare, scopo del trovato è quello di 20 ottenere un segnale di uscita derivante, per bassa illuminazione, dalla lettura lineare dell'uscita del segnale proveniente dall'elemento fotosensibile e, per alte illuminazioni, dalla lettura della conversione logaritmica in tensione del segnale di 25 corrente in ingresso. In entrambi i casi il segnale

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 33100 UDINE

17 NOV. 1991

di ingresso dovrà essere di valore sufficientemente elevato per consentire una efficiente elaborazione ed una buona immunità rispetto ai rumori elettrici generati dagli altri componenti presenti sul 5 microchip ove è installato l'elemento fotosensibile.

In accordo con tali scopi, l'elemento fotosensibile secondo il presente trovato è costituito da un mezzo di ricezione fotosensibile, quale ad esempio un diodo polarizzato inversamente, 10 e da un circuito costituito da almeno un transistor di tipo MOSFET a canale P, avente un terminale (source/drain) collegato all'alimentazione e l'altro collegato al mezzo di ricezione fotosensibile.

Il transistor a canale P presenta il terminale di 15 gate collegato ad una circuiteria esterna che permette di variare il valore della tensione applicata.

Secondo una variante, il circuito comprende almeno un transistor a canale P ed almeno un transistor a 20 canale N, aventi il relativo terminale di gate collegato ad una circuiteria esterna che permette di variare il valore della tensione applicata. Entrambi i transistor presentano uno dei due terminali (source/drain) collegati all'alimentazione e l'altro 25 collegato al mezzo di ricezione fotosensibile.



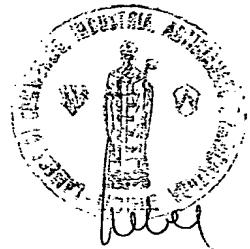
Il mandatario  
**STEFANO LIGI**  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE



Secondo il trovato, il transistor a canale P viene utilizzato come tasto ideale e pilotato con una tensione variabile tra una tensione di alimentazione alta ed una tensione di alimentazione bassa; a 5 seconda della tensione di gate applicata, l'elemento fotosensibile viene portato in una delle due configurazioni previste: stato di reset se la tensione applicata è bassa, stato di integrazione se la tensione applicata è alta.

10 Se presente, il transistor di tipo N, nella fase di reset, viene cortocircuitato dal transistor a canale P; nella fase di integrazione esso opera sia come circuito di conversione logaritmica della corrente fotogenerata dal fotodiode in tensione, che 15 come circuito di polarizzazione del fotodiode, nel caso di forte illuminazione, sia ancora come semplice interruttore spento, nel caso di debole illuminazione.

In una realizzazione preferenziale, il transistor 20 di tipo MOSFET a canale N viene polarizzato allocando sul terminale di gate una tensione alta durante il periodo di reset e una tensione variabile su tutta la sua gamma durante il periodo di integrazione. A seconda del valore della tensione 25 applicata durante il periodo di integrazione si può



variare in modo dinamico la durata della zona di illuminazione in cui l'elemento fotosensibile fornisce una risposta lineare rispetto a quello in cui fornisce una risposta logaritmica.

5 In un'altra realizzazione, il transistor a canale N viene pilotato con una tensione costante avente un valore compreso nella gamma possibile di tensione.

10 In un'altra realizzazione preferenziale, questa struttura viene completata da un circuito di amplificazione e lettura, ad esempio realizzato con due ulteriori transistor MOSFET.

La configurazione con due transistor, uno a canale P e uno a canale N, si caratterizza principalmente per i seguenti aspetti:

15 - fornisce una buona qualità delle immagini anche in caso di bassa luminosità (corrente fotogenerata) in ingresso;

20 - ha la capacità di rilevare la radiazione luminosa in un ampio intervallo di intensità, fino anche a 150 dB;

- permette di realizzare sensori i cui elementi fotosensibili, disposti in strutture lineari o matriciali, sono accessibili secondo un qualsiasi sottocampionamento deciso dall'utente;

25 - permette di eliminare il rumore di lettura in modo

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.N.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

hardware su tutto l'intervallo di illuminazione esplorabile, sia nella zona di rilevazione lineare che in quella logaritmica.

Se lo stato di reset, come nelle implementazioni note, fosse raggiunto solo tramite un transistor a canale N, dopo la sottrazione tra il segnale rilevato in stato di reset e quello in stato di integrazione, si riuscirebbe ad ottenere un segnale sfruttabile elettricamente nel caso di funzionamento in zona lineare ma non in caso di funzionamento in zona logaritmica. Ciò perché il transistor a canale N, con gate e drain collegati alla tensione di alimentazione, non si comporta come un tasto ideale ma come un diodo e quindi il valore a cui viene portato il terminale pilotabile del fotodiodo nello stato di reset non è l'alimentazione, ma un valore che dipende in modo logaritmico dall'illuminazione presente. Di conseguenza, dopo la sottrazione tra segnale ottenuto durante la fase di reset e quello ottenuto durante la fase di integrazione si ha un'informazione nulla.

Utilizzando un transistor a canale P al posto di uno a canale N si ha un comportamento ideale, e quindi la tensione che viene imposta sul terminale pilotabile del fotodiodo è la tensione di

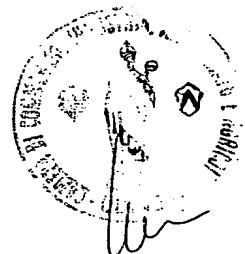
17 NOV. 2003

alimentazione, e questo indipendentemente dall'intensità di illuminazione presente. Questo garantisce sia la possibilità di ottenere, dopo la sottrazione tra segnale in condizioni di reset e di 5 integrazione, un valore utile anche in caso di funzionamento in zona logaritmica, sia la possibilità di minimizzare il rumore in caso di funzionamento in zona lineare.

Inoltre, grazie al buon livello di segnale 10 generato, si ottiene un buon livello del rapporto segnale-rumore del dispositivo e di conseguenza l'ottimale integrazione in silicio su un singolo microchip dell'elemento fotosensibile, insieme con dispositivi di elaborazione del segnale, al fine di 15 realizzare sensori di piccole dimensioni e quindi di costo di produzione ridotto, altamente affidabili ed utilizzabili in diverse applicazioni.

Il funzionamento del trovato si basa sulla generazione di una corrente direttamente 20 proporzionale alla luce incidente sul fotodiodo, che, essendo polarizzato inversamente, ha un'ampia zona svuotata in cui si generano coppie elettrone-lacuna. Questa configurazione circuitale risulta particolarmente adatta ad ottenere un 25 segnale in tensione in un intervallo molto ampio,

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE



grazie al fatto che, nella fase di reset, il transistor a canale P permette di polarizzare l'elemento fotosensibile ad una tensione pari a quella di alimentazione.

5 La presenza del transistor a canale N permette all'elemento fotosensibile di rilevare la radiazione luminosa in un ampio intervallo di intensità luminosa, fino anche a 150 dB; ciò grazie alla possibilità di fare una compressione logaritmica dei 10 segnali ad alta luminosità ed all'elevata precisione con cui si riescono a rilevare anche i segnali a bassissima luminosità.

Nel caso di forte illuminazione, il passaggio da zona di interdizione a quella triodo avviene in modo 15 naturale grazie alle proprietà fisiche del dispositivo.

Data la necessità di trasferire il segnale in tensione, un terzo transistor è predisposto per eseguire una prima amplificazione del segnale, 20 mentre un quarto transistor, selettivamente abilitabile, permette di collegare l'elemento fotosensibile ad una linea di trasmissione del segnale, detta bitline.

Per la lettura del segnale sono previste due fasi 25 in cui vengono acquisiti due diversi segnali,

17 NOV. 2003

successivamente sottratti tra loro. In una realizzazione preferenziale, è presente un apposito dispositivo atto alla sottrazione e ad una prima amplificazione. Nella prima delle due fasi, detta di 5 integrazione, viene ricavata l'informazione dall'elemento fotosensibile a cui verrà sottratto il segnale ricavato durante la fase di reset, che rappresenta il rumore associato al circuito di lettura. La lettura del segnale può avvenire 10 semplicemente abilitando il quarto transistor del pixel che si vuole leggere e facendo la sottrazione tra questi due segnali. In questo modo si ottiene il segnale privato del rumore introdotto dal circuito di lettura.

15 Questo tipo di pixel può anche essere utilizzato come pixel puramente logaritmico fissando in modo definitivo il gate del transistor a canale P e di quello a canale N alla tensione di alimentazione. In questo caso si potrà fare una lettura continua della 20 matrice e senza attendere tempi di integrazione prima di ottenere il segnale di uscita, ma si dovrà rinunciare alla correzione hardware del rumore, correzione che dovrà essere comunque effettuata fuori dal chip per ottenere immagini ad un buon 25 livello.

In un'altra realizzazione, il transistor a canale P può essere escluso polarizzando il suo gate alla tensione di alimentazione, e si agisce solo sul transistor di tipo MOSFET a canale N che verrà 5 polarizzato allocando sul terminale di gate una tensione alta durante il periodo di reset e una tensione variabile su tutta la sua gamma durante il periodo di integrazione. In questo caso, però, si potrà correggere in modo hardware il rumore, tramite 10 sottrazione, solo nell'intervallo in cui il sensore risponde in modo lineare.

#### ILLUSTRAZIONE DEI DISEGNI

Queste ed altre caratteristiche del presente trovato appariranno chiare dalla seguente 15 descrizione di una forma preferenziale di realizzazione, fornita a titolo esemplificativo, non limitativo, con riferimento all'annesso disegno che illustra uno schema elettrico di un elemento fotosensibile secondo il presente trovato.

#### 20 DESCRIZIONE DI UNA FORMA DI REALIZZAZIONE

##### PREFERENZIALE DEL TROVATO

Con riferimento alla figura allegata, un elemento fotosensibile, o pixel, 10 secondo il presente trovato è costituito da un diodo polarizzato 25 inversamente 11, da due transistor, rispettivamente

primo 21 e secondo 22, di polarizzazione del fotodiodo e da un circuito di amplificazione e lettura 20 comprendente due transistor, rispettivamente terzo 23 e quarto 24.

5 Il pixel 10 è del tipo atto a rivelare la luce di lunghezza d'onda tra 400 e 1000 nm e di intensità variabile in un intervallo di almeno 8 decadi, tra  $10^{-5}$  e  $10^3$  W/m<sup>2</sup>, ed è atto a costituire la singola cella di un sensore matriciale a celle multiple 10 realizzato interamente in tecnologia CMOS e quindi integrabile in un chip.

Il diodo 11 è realizzato da una giunzione tra una diffusione isolata di tipo N mediamente drogata, che può essere realizzata tramite Nwell, o fortemente drogata, realizzata tramite una diffusione N+, ed il substrato di silicio che è debolmente drogato P. La regione di interfaccia tra le due parti del diodo risulta svuotata da cariche libere e caratterizzata dalla presenza di un campo elettrico interno che può essere aumentato polarizzando inversamente il diodo anche dall'esterno. A tale scopo nella struttura è stato posto un contatto a massa nel substrato e la diffusione di tipo N resta isolata o viene collegata ad una tensione positiva a seconda dello stato dei 20 due transistor 21 e 22 che vengono pilotati 25



Il mandatario  
**STEFANO LIGI**  
(per sé e per gli altri)  
**STUDIO GLP S.r.l.**  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

esternamente attraverso le linee di segnale 26 e 27.

Il substrato P, che rappresenta un punto comune per i transistor a canale N, drogato debolmente, viene polarizzato a massa. Il transistor a canale P 5 viene realizzato all'interno di una diffusione profonda realizzata tramite una Nwell. Quest'ultima viene polarizzata ad una tensione che, a seconda della realizzazione, può essere la tensione di alimentazione o la tensione del suo source.

10 Nella zona svuotata, la luce genera coppie elettrone-lacuna che vengono separate dal campo elettrico della giunzione dando origine ad una corrente direttamente proporzionale alla luce incidente.

15 Durante la fase di reset il primo transistor 21 a canale P viene messo in conduzione ponendo il segnale 27 a tensione bassa (preferibilmente a massa); in questo modo il nodo 25 viene polarizzato alla tensione di alimentazione.

20 Durante la fase di integrazione il segnale 27 viene portato a tensione alta così che il primo transistor 21 entra in zona di interdizione. Il segnale 26 viene posto ad una tensione fissa compresa tra un minimo e un massimo. Il valore 25 minimo è rappresentato da una tensione pari alla



tensione di soglia del transistor; questo garantisce l'esclusione del cosiddetto effetto "blooming". Il valore massimo è invece rappresentato dalla tensione di alimentazione o, in casi estremi, da una 5 sovralimentazione esterna.

Variando questa tensione si varierà l'intervallo di illuminazione in cui il pixel si comporta in modo lineare rispetto a quello in cui si comporta in modo logaritmico.

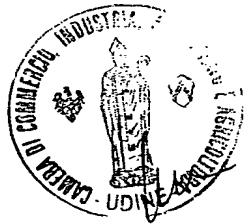
10 Si considerino i due casi estremi:

- nel caso in cui la tensione venga fissata al valore minimo previsto, si avrà un comportamento interamente lineare;

- nel caso in cui la tensione applicata attraverso 15 la linea 27 sia la massima prevista, il comportamento sarà solamente logaritmico. Infatti, in questo caso, il secondo transistor 22 sarà forzato a lavorare in un regime detto di sottosoglia, cioè impone una relazione di tipo 20 logaritmico tra la tensione al nodo fotosensibile 25 e la corrente fotogenerata.

Il diodo 11 occupa circa il 40% della superficie totale del pixel 10 e presenta una buona efficienza di conversione in tutto lo spettro del visibile e 25 del vicino infrarosso. Infatti, le caratteristiche

17 NOV. 2000



del fotodiodo, in particolare la profondità della giunzione ed il livello di drogaggio della diffusione di tipo N e del substrato P, fanno sì che il pixel 10 presenti la sensibilità massima alla 5 radiazione nel vicino infrarosso, tra circa 800 e circa 1000 nm, perché tale radiazione è composta da fotoni di energia idonea a penetrare il silicio fino a raggiungere la regione svuotata del fotodiodo e lì generare coppie di cariche elettriche.

10 Il circuito di amplificazione e lettura 20 è costituito sostanzialmente da un terzo transistor 23 e da un quarto transistor 24, ognuno di essi avendo una propria e specifica funzione.

Il transistor 23, realizzato secondo la 15 configurazione nota detta ad inseguitore di tensione, o drain comune o source follower, realizza il primo stadio di amplificazione in corrente del segnale, trasferendo la tensione presente sul nodo fotosensibile 25 al drain (collettore) del quarto 20 transistor 24 con un guadagno in tensione prossimo ad uno; l'abilitazione del quarto transistor 24 permette il collegamento del pixel 10 ad una linea di uscita 28 (detta bitline) con il vantaggio di trasferire la tensione del nodo fotosensibile 25 25 alla bitline senza perdite, cosa che non sarebbe

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedali, 6/2 - 33100 UDINE

17 NOV 1

- 17 -

glp P2-5318

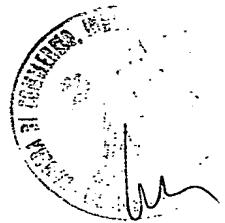
possibile in assenza del transistor di  
amplificazione 23.

I pixel 10 così realizzati sono organizzati in una  
matrice bidimensionale per la visione di scene  
5 complete, ma ogni sottocampionatura della matrice in  
sottoinsiemi è possibile.

Una seconda configurazione del pixel, qui non  
raffigurata, è possibile. In questa seconda  
configurazione, la polarità del diodo viene  
10 invertita, tutti i transistor a canale N vengono  
sostituiti con transistor a canale P, il transistor  
a canale P viene sostituito con un transistor a  
canale N, mentre i terminali di alimentazione  
positiva e la massa vengono invertite. Tale  
15 configurazione presenta un funzionamento molto  
simile a quello della configurazione descritta  
sopra.

Per poter leggere una matrice si deve attendere un  
certo tempo necessario per l'integrazione, questo  
20 tempo è dell'ordine dei microsecondi. Il tempo di  
integrazione è un altro fattore che incide sul tipo  
di segnale rilevato, lineare o logaritmico: per  
tempi brevi si avrà, in prevalenza, risposte  
lineari, per tempi lunghi la risposta sarà  
25 logaritmica nella maggior parte dei casi.

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE



Grazie al fatto che il segnale viene rilevato in due istanti diversi, viene effettuata in modo hardware, tramite la sottrazione dei due segnali, la correzione del rumore di lettura, sia nel caso 5 lineare che logaritmico. Questa correzione è possibile grazie alla presenza del transistor 21 a canale P che funziona come tasto, o interruttore, ideale e permette di eliminare l'errore di "settling time" che si ha nel caso in cui si utilizzi solo il 10 transistor a canale N. L'errore di "settling time" è dovuto al fatto che il transistor a canale N impiega un certo tempo prima di portare il pixel dal valore immediatamente successivo alla transizione, che dipende dal valore da cui parte, alla tensione di 15 reset finale; questo tempo è tipicamente superiore al tempo di reset. Questo causa una certa incertezza sul valore ottenuto dopo la sottrazione tra segnale di reset e segnale di integrazione e quindi rumore aggiunto. Inoltre, in conseguenza del fatto che il 20 transistor N non si comporta in modo ideale, il valore di reset finale dipende comunque in modo logaritmico dalla luce presente.

In alternativa il pixel può essere utilizzato come un pixel puramente logaritmico; in questo caso la 25 corrente viene continuamente trasformata in tensione

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

17 NOV. 2003



e la lettura del segnale può avvenire in un istante qualsiasi, con una frequenza di lettura che può arrivare fino a 20 MHz, individuando nella matrice un pixel 10 qualsiasi. Per effettuare la lettura è 5 infatti sufficiente abilitare il quarto transistor 24, tramite un segnale portato attraverso la linea di selezione 29, e collegare la corrispondente linea di uscita 28 ad una linea globale, che porta il segnale ad un amplificatore e successivamente ad un 10 convertitore analogico-digitale, questi ultimi non illustrati in figura.

Nel caso in cui il pixel sia utilizzato nella sua configurazione originale è necessario introdurre anche uno stadio di amplificazione a livello di 15 colonne della matrice di pixel che faccia la sottrazione tra segnale di reset e segnale di integrazione e una prima amplificazione; anche questo componente non è illustrato in figura.

La realizzazione del sensore può utilizzare una 20 tecnologia standard tipo CMOS, cioè un processo di fabbricazione dei circuiti microelettronici in silicio, allo scopo di ottenere elementi fotosensibili con caratteristiche elettro-ottiche soddisfacenti senza dover sviluppare una tecnologia 25 dedicata.

Il mandatario  
**STEFANO LIGI**  
(per sé e per gli altri)  
**STUDIO GLP S.p.A.**  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE



## RIVENDICAZIONI

1 - Elemento fotosensibile per sensori elettro-ottici, comprendente almeno un mezzo di ricezione fotosensibile (11), un circuito di conversione della corrente generata da detto mezzo di ricezione fotosensibile (11) in un segnale di tensione, ed un circuito di amplificazione e lettura, **caratterizzato dal fatto che** detto circuito di conversione della corrente comprende almeno un transistor (21) a canale P attivo ad essere utilizzato come tasto ideale e ad essere pilotato con una tensione variabile tra una tensione di alimentazione alta ed una tensione di alimentazione bassa, detto elemento fotosensibile essendo attivo ad essere portato in uno stato di reset se la tensione di pilotaggio di detto transistor (21) è bassa, ed in uno stato di integrazione se detta tensione di pilotaggio è alta.

2 - Elemento come alla rivendicazione 1, **caratterizzato dal fatto che** detto circuito di conversione della corrente comprende almeno due transistor (21, 22), un primo (21) a canale P ed un secondo (22) a canale N, detti transistor (21, 22) presentando i rispettivi terminali di source o drain a comune ed i terminali di gate pilotabili esternamente tramite una tensione di valore

Il mandatario  
**STEFANO LIGI**  
(per sé e per gli altri)  
**STUDIO GLP S.r.l.**  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

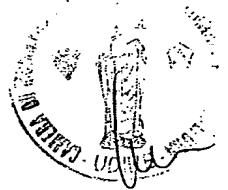
variabile per consentire selettivamente una conversione lineare od una conversione logaritmica di detta corrente fotogenerata da detto mezzo di ricezione (11).

5 3 - Elemento fotosensibile come alla rivendicazione 1 o 2, **caratterizzato dal fatto che** detti transistor (21, 22) sono di tipo CMOS e sono atti a rappresentare rispettivamente un tasto ideale (21) o un carico attivo (22).

10 4 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** il numero di transistor di tipo N può variare da 1 a 12, per aumentare di un valore corrispondente il guadagno della conversione.

15 5 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** detto circuito di amplificazione e lettura comprende almeno un terzo transistor (23) predisposto per eseguire una prima amplificazione del segnale ed un quarto transistor (24) per collegare l'elemento fotosensibile (10) ad una linea di trasmissione del segnale (28).

20 6 - Elemento fotosensibile come alla rivendicazione



Il mandatario  
**STEFANO LIGI**  
(per sé e per gli altri)  
**STUDIO GLP S.r.l.**  
P.le Gavazalis, 6/2 - 33100 UDINE

5, **caratterizzato dal fatto che** detto mezzo di ricezione fotosensibile (11) è costituito da un diodo di tipo N polarizzato inversamente, i transistor secondo (22), terzo (23) e quarto (24) sono del tipo a canale N ed il primo transistor (21) è a canale P.

7 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti fino a 5, **caratterizzato dal fatto che** detto mezzo di ricezione fotosensibile (11) è costituito da un diodo di tipo P polarizzato inversamente, i transistor secondo (22), terzo (23) e quarto (24) sono del tipo a canale P e il primo transistor (21) è di tipo a canale N.

15 8 - Elemento fotosensibile come alla rivendicazione 5, **caratterizzato dal fatto che** detto quarto transistor (24) è attualmente abilitato selettivamente per consentire la lettura in un qualsiasi istante del segnale relativo al 20 selezionato elemento fotosensibile (10).

9 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** è attualmente in grado di rivelare la luce di lunghezza d'onda comprendente tra 400 e 1000 nm e di intensità 25 variabile in un intervallo di almeno 6 decadi, tra



$10^{-5}$  e  $10^3$  W/m<sup>2</sup>

10 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** detto mezzo di ricezione fotosensibile  
5 (11) è realizzato da un diodo, di tipo N, costituito dalla giunzione tra una diffusione isolata di tipo N ed un substrato di silicio di tipo P, atta a definire una regione di interfaccia svuotata di cariche libere e caratterizzata dalla presenza di un  
10 campo elettrico interno.

11 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti fino a 9, **caratterizzato dal fatto che** detto mezzo di ricezione fotosensibile (11) è realizzato da un diodo, di tipo P, costituito dalla giunzione tra una diffusione isolata di tipo P tutta contenuta in una diffusione di tipo N, atta a definire una regione di interfaccia svuotata di cariche libere e caratterizzata dalla presenza di un campo elettrico  
20 interno

12 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** è attualmente interamente integrato in un substrato di silicio di dimensioni ridotte per  
25 realizzare un microchip.

Il mandatario

**STEFANO LIGI**

*per sé e per gli altri*

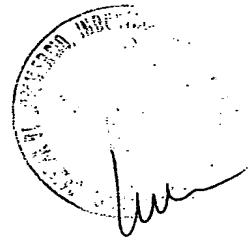
**STUDIO GLP S.r.l.**

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

17 NOV. 2003

- 24 -

glp P2-5318



13 - Elemento fotosensibile come ad una o l'altra delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto che** è atto a costituire una cella di un sensore a celle multiple lineare o matriciale.

5 14 - Elemento fotosensibile per sensori elettrottettici rivelatore di luce sostanzialmente come descritto, con riferimento agli annessi disegni.

p. NEURICAM S.p.A.

sl

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP S.r.l.  
P.le Cavedalis, 6/2 33100 UDINE

1/1

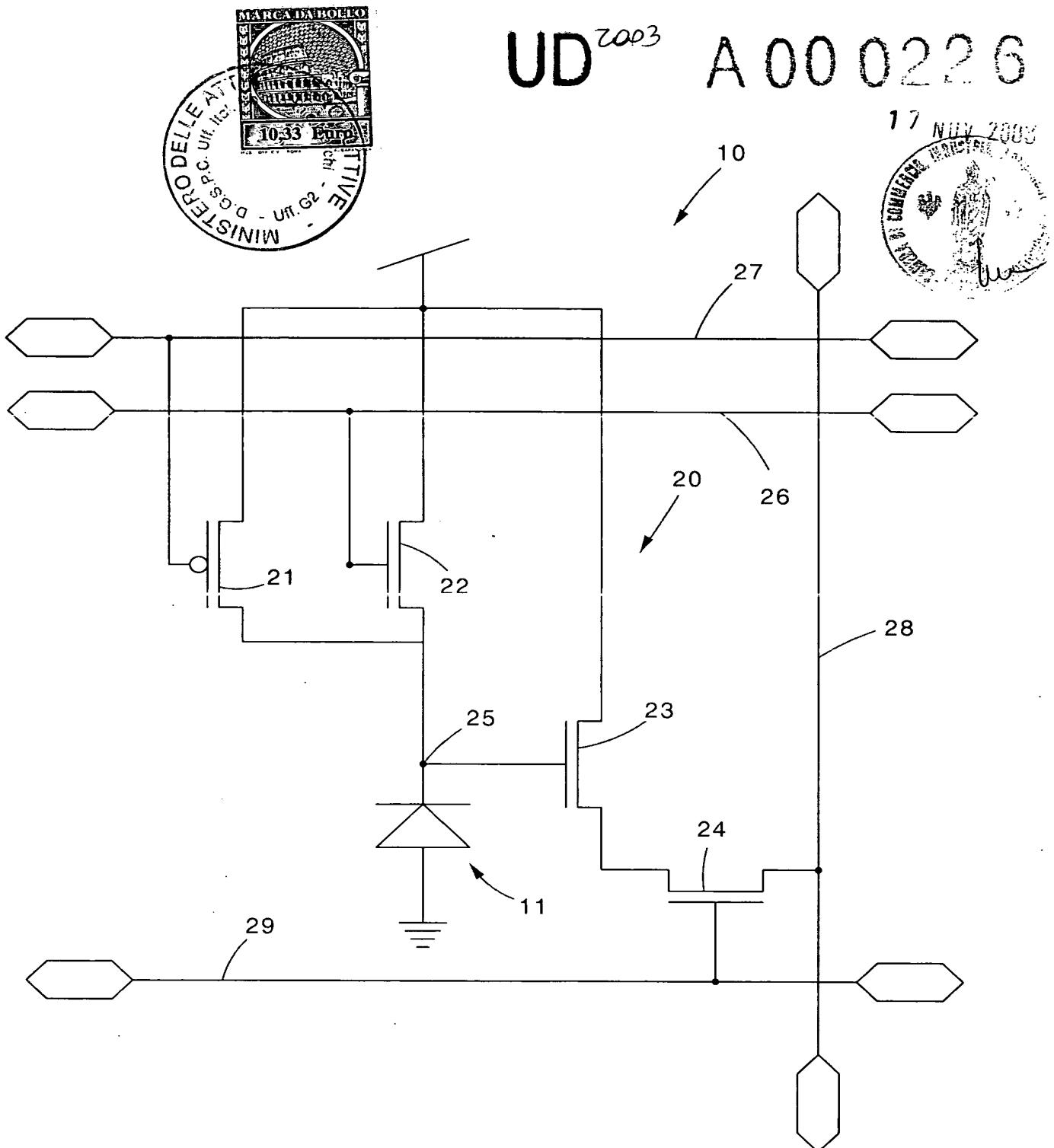


fig. 1

Il mandatario  
STEFANO LIGI  
(per sé e per gli altri)  
STUDIO GLP Str.I.  
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE